

石油暨石化產業科技學術合作 八十八年度期中報告

功能性高分子應用技術開發之子計劃十五
金屬化塑膠/橡膠粒暨其射出成型製品之研製

計劃編號：NSC88-CPC-E-032-004

執行期間：87 年 8 月 1 日至 88 年 7 月 31 日

委託單位：中國石油股份有限公司

計劃主持人：林雲山 教授

共同主持人：林清彬 副教授

執行單位：淡江大學

中華民國 88 年 5 月 28 日

目 錄

中文摘要	1
英文摘要	2
前言	3
目標	4
理論背景與研究範圍	4
研究內容	9
技術成果及效益說明	11
結論與建議	17
參考文獻	20

中文摘要(關鍵字:金屬化塑膠;射出成型;電磁波干擾;拉伸;衝擊;遮蔽效應; 體電阻

近年來，高密度電磁波來自許多電子設備，而電磁波會影響或破壞電子設備或電子元件之正常運作，因此，為了防止電子設備被電磁波干擾，其設備外殼須作適當處理方有遮蔽效果。

本研究乃解決上述問題而作者，計劃中提出一種可量產防電磁波干擾之金屬化塑膠粒及金屬化橡膠粒之設備及製程，此金屬化塑膠及橡膠內含鋁鱗片之填充物，藉此設備及製程製得 ABS+20%PC/Al flake 之金屬化塑膠粒及 SEBS/Al flake 之金屬化橡膠粒，使用這些原料利用射出成型製得金屬化製品包括電腦用風扇蓋，CD-ROM 遮飾版，CD-ROM 前面板及無線電池蓋等。並探討鋁鱗片對拉伸，衝擊，遮蔽效應，熱變形溫度及體電阻之影響。

英文摘要(Keyword: Metallized plastic ; Injection Molding ; EMI ; Vensile ;
Impact ; Shielding Effectness ; Volume resistance

In recent years, the high-density electromagnetic waves produced from electronic equipment have the potential to damage or adversely affect the performance of other equipment or components. Therefore, an electrically conductive outer shell is needed to shield electromagnetic interference (EMI) produced from electronic equipment.

An object of the present research is to solve the above-mentioned problems and to design a novel kind of aluminum filled plastic or rubber pellets and a process and apparatus for manufacturing the ABS+20%PC/Al flake metallized plastic pellets and SEBS/Al flake metallized rubber pellets. Using the injection molding to get the metallized products, including computer fan holder cover , CD-ROM panel , CD-ROM front panel and GPS2 cover . The effect of Al flake on the tensile, impact, shielding effectness, heat distorsion temperature (HDT) and volume resistance properties are presented.

一、前言

當電機，電子及通訊裝置中，若有不需要之電壓或電流存在且影響裝置之性能時，則會產生電磁波干擾(Electromagnetic interference;EMI)，而這些電磁波干擾可分為兩大類[1,2]：

- (1)傳導性放出——指電子產品經電線傳輸干擾波，這種干擾波可藉由線性阻抗穩定網路測出；
- (2)輻射性放出——即以無線電磁波方式放出，使用電磁干擾波接收器可測出一萬赫茲至三千萬赫茲的磁力場；

電磁波干擾的結果，不僅使這些功能設備受損，更會縮短產品壽命，因此世界各國均以訂定電磁輻射量之管制標準[3]，見表 1。因此，我國有關工業設備，醫療設備、科學設備，資訊設備，家用電子設備，航太與海事無線設備，教育用電子設備及電燈與日光燈均需符合規定，外銷時才不至於產生入關檢驗不合格之問題。而我國產業以外銷為主，其中電子資訊產品更占大部分，其代表性產品見表 2，因此，這些電磁輻射劑量之管制，對我國外銷產業影響甚鉅，另外，電子資訊產品未來趨勢，更朝小型化，高速化，低功率及功能複雜化，如此更易受電磁波干擾，加上國外現行防 EMI 標準不斷提高，在技術上已難於應付外，於 1997 年更將面臨歐洲共同體所訂定之 EMC 嚴苛新標準，因此，如何有效防止電磁波干擾之技術研究，是值得重視之課題。本研究計畫所研發之產品則鎖定資訊設備中之電腦外殼，有關此類產品之市場分析得知，其年產值高達 186 億台幣，故值得開發研製。國內電腦外殼製造方法係採用塑膠外殼內襯一層馬口鐵，雖然金屬之遮蔽率(Shielding Effectiveness)良好，但其質重，複雜形狀不易製造，需做表面防蝕處理及加工繁瑣等缺點，且近來國內製造成本不斷提昇，使國內電腦外殼在市場競

爭力下跌。因此,需有效提昇其技術及產品附加價值,才可保有其市場競爭性。目前這些電子,資訊及通訊設備均朝向高密度,輕量化,因此外殼漸大量採用塑膠材質,塑膠外殼具有下列優點:質輕,低成本,抗腐蝕,易配色,可製得複雜形狀且可大量生產。但塑膠為絕緣體物質,不具隔離電磁波功能,因此需作處理,使其具導電性才能符合遮蔽電磁波之要求。因此本研究計劃係開發可防電磁波干擾之金屬化塑膠電腦外殼。

二、目標

本研究將自行研製可量產之金屬化塑膠粒(ABS+PC/Al flake, ABS/Al flake, 等)及金屬化橡膠粒(SEBS or SBS/Al flake),發展可防電磁波干擾之金屬化塑膠 3C 外殼產品研製,並採用雙層射出成型之製程以解決金屬化塑膠鋁鱗片浮纖問題。其主要目標在於了解並掌握相關於金屬化塑膠之射出成型製程中的多項參數,熟悉其技術應用,並建立此種製程之產品設計,模具設計,製程條件最佳化的指導法則。以期將可防電磁波干擾 3C 產品外殼射出成型,雙層射出成型及金屬化塑膠粒相關的整體製程技術作整合,以應未來產業的需求,達到技術生根與產業升級的目標。

三、理論背景與研究範圍

目前塑膠使其具導電性之方法有三大類[4]:

(1)塑膠成形作二次加工[5]:

(a)噴塗導電性塗料(conductive paint)

(b)無電解電鍍(electroless plating)

(c)真空蒸鍍(vacuum deposition)

(d)濺鍍(sputtering)

(e)貼金屬箔(foil)

(2)塑膠內部添加導電填充料(金屬化塑膠)[6-10]:

(a)導電碳黑(conductive carbon black);

(b)碳纖維(carbon fiber)，如碳纖維鍍鎳;

(c)表面鍍金屬之纖維(metallized fiber)，如金屬塗層於雲母片(mica)上，金屬塗層於玻璃球及中空玻璃球上，金屬塗層於玻璃纖維上及金屬塗層於有機纖維上;

(d)金屬纖維(metal fiber)，如不銹鋼纖維、銅纖維、鋁纖維。

(e)金屬粉、片(powder, flake)，如銅、鋁纖維、鋁粉末、鋁鱗片。

(3)導電性高分子(註:由於目前所開發之導電高分子與塑膠基材的相容性普遍不好及加工性不佳，因此不常被使用，到目前為止尚未大量被商業化)[6]。

上述塑膠使其俱導電性之方法，其優缺點比較如下:

(a)噴塗導電性塗料:設備投資少，任何塑膠基材均可適用，價格便宜，但易剝落 EMI 遮蔽值較低，且有環保問題，對複雜形狀成品之外殼其塗料層較不均勻，塗料層一般為 40~50 μ m 厚，對外殼之接合較困難。

(b)電鍍及無電解電鍍:金屬層 1.5~2.0 μ m 遮蔽效果佳，電鍍液可深入達到外殼狹縫部份，可適用於複雜形狀，外殼嵌合較易，但費時費工，設備昂貴，導電層易摩擦脫落後產生漏波現象，而且若導電

屑落於印刷電路板後易造成線路損壞。另外目前雖使用單面電鍍但也有環保問題。

(c)用電弧熔射噴塗，真空蒸鍍及濺鍍：設備昂貴(如濺鍍設備約新台幣兩億元)，成本較高，依目前台灣為 NoteBook 之 OEM 製造立場而言，此成本對目前而言沒有市場競爭性。

(d)貼金屬箔：成本便宜，但系統空間設計被限制，系統之安裝彈性較差。

(e)導電碳黑、金屬粉填充於塑膠之金屬化塑膠：其成本便宜，可回收，不需二次加工，但防電磁波干擾效果及機械性質較差。

(f)金屬纖維填充於塑膠之金屬化塑膠：防電磁波干擾佳，可回收。但不銹鋼纖維及銅纖維易在射出成型過程中將模具磨損，使得製造成本提高，如 NoteBook 模具一組約一千萬，模具壽命之長短將影響成本。

(g)碳纖維鍍鎳填充於塑膠之金屬化塑膠：防電磁波干擾佳，成本太高，可回收。

(h)鋁鱗片填充於塑膠之金屬化塑膠：成本低，模具壽命較使用金屬纖維長。且防電磁波干擾佳，可回收。

各種常用導電填充料價格及遮蔽效果見表 3，基於性質及成本考量。由表中可以知道上述之方法以加入鋁鱗片之金屬化塑膠為最佳選擇。因此本研究之防電磁干擾塑膠係採用 ABS+PC/鋁鱗片之金屬化塑膠，另外，也開發 SEBS (SBS) /鋁鱗片之金屬化橡膠當雙層射出成型料之內層或外層材料。

有關金屬化塑膠粒之製造，在國內剛處於萌芽階段，主要的廠商有昱 (PA66/不銹鋼纖維)、合泰(PC/ABS/不銹鋼纖維)、旭化成(PP/碳纖維)大同公司(ABS/碳纖維)。因此，為因應市場要求，國內必須加緊研發，以保有現

在的電腦外殼輸出量之優勢。另外，金屬化橡膠之研製則更加闕如。

目前開發及應用較多的金屬填充料是黃銅纖維、不銹鋼纖維、碳纖維鍍鎳及鋁鱗片等。日本日立化工公司製造的黃銅纖維其長度 2~15mm，直徑 40~120 μm ，很容易與樹脂混練，填充量為 10%時，體電阻小於 $10^{-2} \Omega \text{ cm}$ ，遮蔽效果可達 60dB，與 ABS 複合製成的導電性塑膠，不但衝擊強度及高剛性，導電性能及遮蔽效果優，而且由於丙烯酸取代丁二烯，改善對氧的穩定性，並且有良好的穩定性與耐熱性，其中日本鐘紡公司使用微震動切割技術製得的黃銅纖維，加入適量的填充量即可得到較好的導電性及遮蔽效應，將其填充於 PA、ABS、PP 和 PC 等塑膠中可得各種導電性塑膠複合材料，另外，隨著黃銅纖維填充量的增加，遮蔽效果還會提高，可惜的是成本較高。不銹鋼纖維強度大，在形成過程中不易折斷，能保持較大之展弦比，而且抗氧化性良好，能保持導電性持久穩定。美國 Brunswick 公司目前大量生產這種不銹鋼纖維填充料製成之導電性塑膠複合材料，其缺點是不銹鋼的價格較貴，且易磨損模具及螺桿使得成本大大提高。日本鐘紡公司也開發出鐵纖維與 PA66、PP 和 PC 等塑膠複合成導電性材料，鐵纖維的填充量為 20%~27%時，體電阻為 $10^{-3} \sim 10^0 \Omega \text{ cm}$ 遮蔽效應可達到 60~80dB。另外，美國 Mobay Chemical 公司還推出鋁鱗片 PC/ABS 塑膠製成之導電性塑膠，產品牌號有通用型 ME-2540 和阻燃型 ME-6540 兩種。在 1~960MHz 頻率範圍內，前者遮蔽效果為 65~54dB，而後者為 50~45dB，阻燃性達到 UL94V-0 級，目前用於電腦外殼。金屬纖維填充料之導電性塑膠複合材料的其他產品還有許多，如日本東京油墨公司開發的黃銅纖維填充於 PA66、ABS 和 PP。美國 Wilson 微纖維國際公司研製的不銹鋼纖維填充 PC 導電性塑膠填充量為 2%時，體電阻為 $10^{-2} \Omega \text{ cm}$ 。日本 LNP 公司則使用另一種新的不銹鋼纖維加入 PA 中，所製得的導電性塑膠替代金屬用於製造汽車零件。東芝化學公司正把填充料為黃銅纖維的導電

性塑膠用於生產高級計算機，精密文字處理機和手提電視等。

金屬化塑膠外殼藉由射出成型方法製得時，其射出條件，射出成型結構及模具設計均異於一般的單純塑膠作法：

如 D. D. L. Chung 等人[7]在報告中提出在塑膠 polyimidesiloxane(PISO) 加入導電物質發現其黏滯性會影響其性質，其中電磁波遮蔽效應及導電係數係隨黏滯性增加而上升。Chen-Chi M. Ma 等人[8]在研究中提出，當 Acrylonitrile-Butadiene-Styrene(ABS)塑膠混煉碳黑及 Al flake 時，發現其黏滯性變得很高，尤其在低剪應變速率(shear rate)，另外，在文中同時提到拉伸強度及衝擊強度隨碳黑及 Al flake 含量增加而下降。J. Martinsson 等人及 L. A. Gettler 等人[9-10]在研究中提出 ABS(Acrylonitrile-Butadiene-Styrene)內含有鋁鱗片，若經射出成型後發現鋁鱗片會沿射出方向作優選方位(orientation)排列，而且具較高導電異向性，這種現象對於產品設計須特別注重其方向時，尤其必須留意。

J. Martinsson 等人[9]在報告中同時指出，ABS/Al flake 在射出成型過程，其模具入口流路圖案(flow patterns)會隨不同剪應變率(shear rate)及 Al flake 含量有所不同，且在模具入口處發現 Al flake 含量會有不正常增加。這種原因是由於有不穩定之壓力降(pressure drop)所致，這種現象也見於其它報告[11-12]。另外，在文中也提到 Al flake 的優選方位排列在模具入口處最明顯，而遠離模具口則較少。J. L. White 等人[13]則提出 Al flake 在 ABS 射出成型過程中會產生偏析(segregation)的現象，這不僅和模具的設計有關，同時和模溫，保壓均有關係。因此，由上述這些文獻知道 Al flake 在 ABS 中，雖然可防電磁波干擾及具導電性，但為了維持其機性，其添加量及展弦比大小之選擇相當重要，另外 Al flake 在射出過程中一直維持固態的形式，所以在射出成型過程中會產生優選方位，Al flake 斷裂

及偏析諸現象，這樣的現象對需防電磁波干擾的電腦外殼、其機性、物性及化性需要均向性之要求是不好的影響，而如何解決這些問題，牽涉的製程參數極多。因此需要在模具設計，射出機結構及成形條件之選擇作適當之修正，而這些工作重點正為本研究計畫所要探討的內容之一。

雖然使用 ABS+PC/鋁鱗片之金屬化塑膠射出 3C 產品外殼以防電磁波干擾，但此金屬化塑膠射出的銀白色鋁鱗片係以均勻分散方式陳列出於外殼表面，因而破壞 3C 產品外殼之外觀性及質感，同理上述金屬化塑膠不管加入不銹鋼纖維，或碳纖維鍍鎳均會產生浮纖現象，因此，這些表面浮纖問題均需解決。基於如此本研究乃採雙層射出成型及靜電塗裝以解決表面浮纖問題，前者較無環保問題，但後者為表面美觀之塗裝，雖無導電漆之高污染，但採靜電塗裝可處理射出後一些表面流紋，因而提升其良率，但也具有環保問題。目前 NoteBook 的市場上還是有一部份採用導電漆塗裝，因此，本研究之靜電塗裝可較簡易處理金屬化塑膠外殼表面浮纖問題。基於市場考量下，也值得作進一步探討。但未來的市場需求係講求污染性較少的製程，尤其電腦產品。基於此考量，本研究乃研製金屬化塑膠及金屬化橡膠之雙層射出成型以解決表面之浮纖問題。

四、研究內容

(一) 實驗材料

1. 採用美國奇異公司生產之耐燃級 ABS+20wt%PC
2. 鋁條
3. 採用和泰股份有限公司生產之氫化橡膠

(二) 實驗儀器

1. 金屬化塑膠粒及金屬化橡膠粒之生產線設備
2. 射出成型機(Injection Molding Machine)
3. 雙色成型機(Two Color Plastic Injection Molding Machine)
4. 押出機(Die Casting Machine)
5. 萬能拉伸試驗機(Universal Testing Machine)
6. 電熱器
7. 熱變形溫度測試機
8. 衝擊試驗機(Impact Testing Machine)
9. 訊號追蹤產生器(Tracking Generator)
10. 頻譜分析儀(Spectrum Analyzer)
11. 數位功率計(Digital Power Meter)
12. 衰減器(Attenuator)
13. 多頻帶合成式微波訊號產生器(Swert Frequency Synthesizer)
14. 接著強度測試設備
15. 表面粗度儀

(三) 實驗方法

本研究係探討金屬化塑膠粒對於電磁波干擾之遮蔽效果，同時對於射出成型後成型品之表面浮纖問題作一討論，繼而提出成型品表面問題之解決對策，並同時提出雙層射出成型之技術概念，作為改良產品外觀的一項建議。

首先本研究係利用自行研發改良之金屬化塑膠粒生產線，進行金屬化塑膠粒之生產，本系統製程見圖 1 所示，塑膠母材係採用美國奇異(GE)公司生產耐燃級之 20wt%PC/ABS Thermoplastic Alloys(C2800-GY1303)，使用

自製的分條系統；利用高碳鋼滾輪刀將厚 $25\mu\text{m}$ 之鋁箔片滾軋、分條成寬度 0.5mm 之條狀鋁箔；(由於在滾軋分條過程會產生高熱量累積造成積屑，故採用水冷式散熱系統。)經羅拉式引伸輪使其經過一系列由大至小的喇叭口收斂成束，再由押出機之 T 型模頭(220°C)和母材給予包覆後複合；條狀鋁箔和母材複合前先用丙酮(acetone)將其表面的油脂去除。包覆後的塑膠條藉由後段 PU 輪的牽引通過水模頭成型，再經由冷卻水槽冷卻硬化後，由軟質 PU 引伸輪牽引並風乾後導引進入切嘴，最後由旋轉式切斷刀將其裁切成直徑 3mm 、長度 7mm 之金屬化塑膠粒，如圖 2 所示；其相對應之照片如圖 3 所示。此外，為使生產作業一貫化，我們亦利用一組 PLC 控制系統來自動更換鋁箔卷；其原理是利用一個光感測器來感應，當鋁箔卷即將使用完畢時，光感測器即感應 PLC 控制系統作動導桿氣缸組合，推動吸盤上的治具缸將下一卷鋁箔吸引到原先正在生產的鋁箔上，再利用一個單動氣壓缸施加壓力控制一組實心咬花滾輪，並經過滾軋使上下兩條鋁箔自然接合在一起，方可持續不斷地生產，以達自動化生產之目的。

本研究經由上述自行研發改良之自動化生產金屬化塑膠粒設備，可順利生產金屬化塑膠粒，同時為配合實際應用，我們更配合業界實際需求進行產品射出成型，包括電腦用之風扇蓋、CD-ROM 遮飾板、CD-ROM 前面板、及無線電之電磁蓋等。此外，除了產品之實際射出成型，本研究還針對金屬化塑膠之 EMI 遮蔽效果測試、機械性質測試(拉伸測試、衝擊測試及熱變形溫度測試)，最後針對各種產品實際實驗結果，以便提出一套最佳之成型參數作為此種金屬化塑膠材料成之依據。

五、技術成果及效益說明

5-1 金屬化塑膠粒之生產

本研究經過長時間的研發，也經過很多次的修正及改良，最後終於組立了一條金屬化塑膠粒之生產線，見圖 1 所示。利用此生產設備可以順利生產外層為奇異公司生產之耐燃級 ABS+20%PC，內層包覆寬度為 0.5mm，厚度為 25 μ m 之鋁條，覆合完成之金屬化塑膠粒為長度 7mm，直徑 3mm，如圖 2。所生產之金屬化塑膠粒可以應用於各種需要防止電磁波干擾產品之場所，其可以提供有效之電磁波遮蔽效果。

5-2 射出成型之模具設計

5-2.1 EMI 之遮蔽效應測試試片

模具設計其模穴尺寸以符合 ASTM 之遮蔽效應測試試片規格，如圖 4 所示；本遮蔽試片之流道系統採直接進澆單一梯形澆口設計。

直接進澆是將 180 度環形流道(見圖 5 所示)改為直接進澆單一扇形澆口設計見圖 4，由於塑料內含鋁鱗片易使得熔膠流變性質改變，影響熔膠在模穴的流動狀態。直接進澆之目的為使塑料以最短的路徑快速地充填於模穴內，減少流動阻礙，使塑料的熱損耗和壓力降的損失達到最小，並減少廢料的產生。另外寬 6mm 和兩側加深之澆口設計，降低噴流現象的發生。

扇形澆口之塑料進入模穴後，在橫向方面得到較均勻之分配，但熔膠內的鋁鱗片也容易因壓力與速度釋放於塑料內，造成在澆口另一方產生堆積現象，且浪費材料亦相對提高。設計扇形澆口主要決定三個尺寸：澆口長度、澆口寬度、澆口深度，有時為使流動更為均勻，通常對澆口兩側深度加以加深。為改善其流動的順暢性，需改善澆口的形狀使其成圓弧角形狀，希望不要有 90 度或很大的轉折角度造成流動的阻礙。

5-2.2 拉伸及衝擊試片

模穴規格依 ASTM 之拉伸、衝擊試片要求設計，如圖 6 所示；並同時考慮於射出成型充填時之成型時間；由於拉伸及衝擊試片之模具設計基於成本考量，採用一模兩穴之模具設計，但由於拉伸、衝擊試片之尺寸及外型並非完全相同，故於射出成型時應考量其充填時間之一致性，以避免造成較小尺寸之試片產生過保壓之現象，而造成毛邊之不良後果。

5-2.3 電腦風扇蓋

模具設計配合其外觀及結構之複雜度，採用一模一穴之單點潛伏式進澆見圖 7 所示，由於成型材料採用金屬化塑膠粒，故需有較高之成型壓力及充填時間，所以於模具設計時需考慮其剛性，同時於射出成型時需有較高之鎖模力以避免溢料現象發生。

5-2.4 CD-ROM 檔板

模具設計考量其結構性較為簡單，但為電腦產品之外觀面，故模具設計採用一模兩穴之針點進澆法，見圖 8 所示；針點澆口較小，所以需要較大之成型壓力，但可獲得較佳之外觀面。

5-2.5 CD-ROM 前面板

此為 CD-ROM 之重要零件，也是產品重要之外觀面，故其模具設計採用一模兩穴之針點進澆法，見圖 9 所示。此產品需特別注意其成型時之合模線及融合線存在位置，以避免影響外觀。

5-2.6 無線電之天線蓋

此產品之模具設計採上下蓋共模，潛伏式單點進澆法，見圖 10 所示。由於此產品結構較為複雜，有較薄肉厚之銅栓孔及卡溝設計，故於成型時需特別注意其較薄處之充填情形，以及鋁鱗片之堆積情形，是否會影響其結構強度，以致無法達到預期之要求。

5-3 射出成型參數

5-3.1 EMI 之遮蔽效應測試試片

金屬化塑膠粒為直徑 3mm、長 7mm 內含 27wt%之塑膠粒，經由射出成型方式成型，射出成型機係採超群機械股份有限公司出品編號：OS110 CH II 之射出成型機(見圖 11 所示)。射出螺桿如圖 12 所示壓縮比為 2，螺距為 38mm，經氮化處理增加其表面硬度之三段式塑化螺桿，螺桿頭為一圓錐狀，底部直徑較大，料管頭之射料口小，出量少產生之背壓大，為一般射出機所使用之三段式塑化螺桿。

射出條件及參數如表 4 所示。在射出成型前將金屬化塑膠粒置於 110°C 之乾燥箱內烘乾四小時，使其金屬化塑膠粒含水吸收量在 0.04%以下。

5-3.2 拉伸及衝擊試片

此模具採用供模設計，其射出成型條件及參數如表 5 所示。採用自製 ABS+20PC/27wt%Al-Flake 之金屬化塑膠粒，在射出成型前須將金屬化塑膠粒置於 85°C 之乾燥箱內烘乾四小時，使其金屬化塑膠粒含水吸收量在 0.04%以下。射出時需特別注意充填壓力之均勻性。

5-3.3 電腦風扇蓋

其射出成型條件及參數如表 6 所示。採用自製 ABS+20PC/27wt%Al-Flake 之金屬化塑膠粒，在射出成型前須將金屬化塑膠粒置於 85°C 之乾燥箱內烘乾四小時，使其金屬化塑膠粒含水吸收量在 0.04% 以下。

5-3.4 CD-ROM 遮飾面板

其射出成型條件及參數如表 7 所示。採用自製 ABS+20PC/27wt%Al-Flake 之金屬化塑膠粒，在射出成型前須將金屬化塑膠粒置於 85°C 之乾燥箱內烘乾四小時，使其金屬化塑膠粒含水吸收量在 0.04% 以下。

5-3.5 CD-ROM 前面板

其射出成型條件及參數如表 8 所示。採用自製 ABS+20PC/27wt%Al-Flake 之金屬化塑膠粒，在射出成型前須將金屬化塑膠粒置於 85°C 之乾燥箱內烘乾四小時，使其金屬化塑膠粒含水吸收量在 0.04% 以下。

5-3.6 無線電之天線蓋

其射出成型條件及參數如表 9 所示。採用自製 ABS+20PC/27wt%Al-Flake 之金屬化塑膠粒，在射出成型前須將金屬化塑膠粒置於 85°C 之乾燥箱內烘乾四小時，使其金屬化塑膠粒含水吸收量在 0.04% 以下。

5-4 性質分析

5-4.1 EMI 遮蔽性質 (EMI Shielding Effectiveness)

依 ASTM D4935-89 Coaxial Transmission Test 而建立的測量法。試片

規格及測量法如圖 13 所示，試片置於專門設計的同軸夾具之內、外極之內，此一電極夾具處於信號源和接受器中間。信號從信號源向接收器發射，有試片的信號功率與沒有試片的信號功率之比為試片的遮蔽效率。本研究委託工研院量測中心進行測試，量測頻率從 30MHz~1500MHz，每一數據取三組作平均值。測試設備規格如下：

1. 訊號追蹤產生器(Tracking Generator) Model : HP 8364 A
2. 頻譜分析儀(Spectrum Analyzer) Model : HP 8566 B
3. 數位功率計(Digital Power Meter) Model : HP 438 A
4. 衰減器(Attenuator) Model : HP 8491B 6Db

5-4.2 拉伸強度試驗 (Tensile Strength)

依照 ASTM D638 規格，製成啞鈴形(dumb bell)試片，其規格如圖 14 所示。使用弘達儀器 Model : HT-9102 之萬能拉伸試驗機於室溫下進行測試，夾頭速率 5 mm/min，每一數據取三組作平均值。

5-4.3 衝擊強度試驗 (Impact Strength)

依照 ASTM D256 規格如圖 15 所示，試片厚度 12.7mm，使用台大材料所 Custom Scientific Instruments Model : CS-137X Izod Type，V 型凹槽切口衝擊試驗機於室溫下進行測試。每一數據取三組求其平均值。

5-4.4 熱變形溫度試驗(HDT)

實驗裝置根據 ASTM D64 如圖 16 所示首先將試片(L 127 mm× W 7 mm× t13 mm)放置於兩支撐端，中央放置重量測試桿，使其施加於試片上的彎曲應力達到 18.5kg/cm²，以每分鐘 2± 0.2℃的升溫速率，使試片的溫度上升，並量測試

片中間段彎曲至 0.254mm(0.1inch)時之溫度。進行加溫變形試驗時，試片之寬度及厚度為已知，則測試桿所加之荷重可由下式求得：

$$p = 2\sigma bh^2 / 3L$$

式中，P：所需之荷重（KN 或 kgf）

σ ：標準負載(根據 ASTM 規定，可選用 455kpa 或 1820kpa 之任何值)

b：試片之厚度（m 或 cm）

h：試片之寬度（m 或 cm）

L：兩支點間之距離（m 或 cm）

每一數據取三組作平均值。

六、結論與建議

6-1 金屬化塑膠性質分析

6-1.1 EMI 遮蔽值

本研究採用 25 μ m 之鋁鱗片，寬度為 18mm，3 層收斂後與塑膠基材覆合射出成型。在頻率為 30MHz~1000MHz 測量其遮蔽效應，其遮蔽值介於 33 dB ~20 dB 之間，效果明顯較優於 18 μ m 厚度之遮蔽值(約為 30 dB ~15 dB)。其原因係因 25 μ m 之試片其體電阻值較小，同時減少其搭接阻礙，提升形成導電網路之機會。同時在高頻約 20dB;低頻狀況下約為 33 dB。其原因係為塊狀集結易在成形流動中翻轉，使鋁鱗片在基材呈現較多角度的分布，因此有助於在低頻多重反射之貢獻；而高頻則因展弦比短、導電網路不易形成，因而遮蔽值較小。

6-1.2 拉伸性質

不同鋁鱗片寬度及熔膠溫度之拉伸性質將各有所異；由拉伸試片基地鋁鱗片之分布及觀察斷面可以發現，使用 210°C 熔膠溫度其拉伸性質較好，其原因係由於 210°C 時鋁鱗片與塑膠基材間鍵結較佳；熔膠溫度若提升至 270°C 則因高溫劣化高分子機性，使得界面鍵結變小，降低拉伸性質。

6-1.3 衝擊性質

由於鋁鱗片寬度之不同，其衝擊性質將有所差異。由本研究中可以發現 210°C 熔膠溫度之衝擊值較 270°C 熔膠高。其原因係由於 210°C 熔膠溫度，分布較為分散。因此當 crack 前進時，吸收較大破斷力量、阻礙機會增大，因而提昇其衝擊值。270°C 熔膠溫度則因鋁鱗片展弦比長，在模流過程中受到試片形狀限制因素，造成熔膠內鋁鱗片的噴流堆積，使得在凹口處的 crack 前進時容易沿鋁鱗片堆積界面處順向破斷，降低衝擊值，同一寬度中，衝擊值相差不大。

6-1.4 熱變形溫度

從本研究中可以發現 HDT 值與鋁鱗片寬度及熔膠溫度無關。其原因係由 HDT 與鋁鱗片分散性和熱傳導係數有很大的關係。當鋁鱗片含量為 27wt% 時，未達其臨界含量，均無法使鋁鱗片有效搭接。所以熱傳係數大致相同。基於此因素考量，故 HDT 值與鋁鱗片寬度及熔膠溫度無關。

6.2 金屬化塑膠射出成型分析

1. 鋁鱗片分散性：由於本研究係採用自行研發製作之金屬化塑膠粒，鋁鱗片尺寸為寬 18mm、厚度為 25 μ m 之鋁箔條，經 Patch 為 0.5mm 之

滾刀切開後再與塑膠復合。於射出成型時，因有鋁鱗片混煉於熔膠中，造成相當大阻力。加上成品設計時，由於結構之關係，很難保持產品外觀之一致性，故於較薄處易造成鋁鱗片之堆積現象。當熔膠通過澆口進入模穴時，鋁鱗片會被衝擊堆積至注入口較遠端，或轉角處。所以金屬化塑膠之成型鋁鱗片分散性是一重要問題。

2. 射出成型之表面問題：由於金屬化塑膠其目的在於電磁波之遮蔽效果，所以必須添加足夠之鋁鱗片。成型時導致成型品之外觀面有浮籤現象；又因鋁鱗片與 ABS 之熱收縮係數不同，造成表面不平整性。因此，解決產品成型問題仍是此種金屬化塑膠材料必須努力之目標。

6.3 尚待完成之工作

1. 本研究預計利用雙層射出成型方法以解決表面問題，並增進產品之耐振及耐衝擊性，藉此提升產品之附加價值。
2. 本研究將進一步探討金屬化塑膠粒之製作，利用現有金屬化塑膠粒之生產設備加以設計改良，以生產具有防電磁波干擾之橡膠粒。
3. 進行金屬化橡膠粒之射出成型、及性質測試。
4. 金屬化塑膠複合橡膠之雙層射出成型及性質探討。
5. 提供較優之射出成型參數以作為此金屬化塑膠複合橡膠雙層射出之參考。

七、參考文獻

- 1.K.K. Chwala , “Composite Material Science and Engineering”,Chapter 7.
- 2.J.M. Crosby and J.E. Theberge , “Thermoplastic Composites for Electrostatic Dissipation” , 35th Annual Technical Conference , Society of the Plastics Industry , Inc. , 1980.
- 3.劉文隆 , ”複合材料電磁遮蔽膠粒之製作與加工”材料與社會 , 第 70 期 , 1992 , PP.63-69 。
- 4.M.T. Kortschot and R.T. Woodhams , “Electromagnetic Interference Shielding with Nockel-Coated Mica Composites” , Polymer Composites , Oct.No.4 , PP.296-232 (1985).
- 5.C.P. Stroms , “Metallizing for EMI/RFI Shielding”Metal Finish , Feb.,P.47 (1983).
- 6.鄭玉珍 , ”導電高分子現況” , 化工資訊 , Pp.72-77 (1992).
- 7.Lin Li and D.D.L. Chung , “Effect of Viscosity on the Electrical Properties of Conducting Thermoplastic Composites Made by Compression Molding of A Powder Mixture” ,Polymer Composites , December , Vol.14 , No.6 , PP467-472 (1993).
- 8.Chen-Chi M.Ma and A.T.Hu and D.K. Chen , “The Processability , Electrical And Mechanical Properties of EMI Shielding ABS Composites” , Polymer & Polymer Composites , Vol.1 , No.2 PP.93-99 (1993)
- 9.J.Martinsson and J.L.White , “Characteristics of Thermoplastics Containing Electrically Conducting Asymmetric Pasticles: Anisotropic Electrical Conductivity of Injection Molded Parts and Extrusion Behavior” , Polyme Composites , October , Vol.7 , No.5 , PP302-314 (1986)

10. L. A. Gettler , R. I. Leib and A. J. Lambright , Rubber Chem. Technol. , Vol. 52 , PP. 838 (1981)
11. C. Y. Ma , J. L. White , F. C. Weissert and K. Min , J. , Composites , Vol. 6 , PP. 215 (1985).
12. C. Y. Ma , J. L. White , F. C. Weissert , A. L. Isayev , N. Nakajima and K. Min, Rubber Chem. Technol. , Vol58 , PP. 815 (1985).
13. J. L. White , L. Czarnecki and H. Tanaka , Rubber Chem. Technol. , Vol. 53 , PP. 823 (1980).

表一、世界各國電磁波干擾放射標準

國別 CISPR	Ignition Systems PUB 12	ISM PUB11	ELECTRIC APPLIANCE PUB 14	Radio TV PUB 13	Flourescent Lamp end Lumineries PUB 15	Solic State Control	Computer Products PUB 22
澳洲		DR 73117	AS 1044	AS 1063		AS 1054	
奧地利		OVE F671 1967	OVE F60	OVE F60			
比利時	Royal Dec	Royal Dec	Royal Dec	Royal Dec			
加拿大	SOR 75-629 CSA 108-4	SOR 163-455	CSA C 106.5.4			CSA22.4 V.D. 1054	CSA C 108.8
東歐各國	CSN 34-2878	CSN 34-2865	CSN 34-2860	CSN 34-2870	CSN 34-2850		
丹麥	MPWO 402	MPWO 44	MPWO 377	MPWO 14	MPWO 373	MPWO 213	
芬蘭	PUB T35-65	PUB T33.77	PUB T33-77	PUB T33-77	PUB T33-77	PUB T33-77	
西德	VEDO679 NORME	VEDO871 NORME	VEDO678 NORME00	VEDO672 C91.100	VEDO678 C91.100	5 C91.100	VEDO671
法國	C91-100 & 91-103	C91-100 & 91-102	C91-100	ADD 13			
義大利	EEC DIR 72/		ECC DIR 245/CEE(9)		76.889		
日本	Jap. PTT Recomm	Radio Equip Reg.No.65	Law No.234	JRTC Recomm.	Law No.234		VCCI
荷蘭	Neth.Std.	ENE 10001	NEN 10001	ENE 10001	NEN 10016	NEN 10001	
挪威	Nor Reg. For Motor vehicles No.43/63M	NEMKO 862.171 CIR.22/74 13/75	NEMKO 502.167 CIR.23/74	NEMKO 661.77 CIR.8/75	NEMKO 301.173 CIR.21/74	NEMKO 665.168 CIR.13/71	
波蘭	PN.70 S- 76005	PN.71/E- 06208	PN-70/E- 06006	PN.71/T- 05208	PN- 78/PN.71/E- 06231	E-06218	
羅馬尼亞	STAS 6048/4-71	STAS 6048/4-71	STAS 6048/4-71	STAS 6048/4-71	STAS 6048	STAS 6048/4-71	
南非	Radio Reg R2247	Radio Reg R2247	Radio Reg R2247	Radio Reg R2247	Radio Reg R2247	Radio Reg R2247	
西班牙	20259	UNE 20506	UNE 20507				
瑞典	SEN 471001	SEN 471005	SEN 471004 1006 & 1007	SEN 471007 & 471008		SEN 471003	SEN 471010
瑞士		ASE1001					
蘇聯	(Appendix to use CISPR limits) GOST 14777						
英國	BS 833	BS 4809	BS 800	BS 906	VA 5394 PART 1	BS 800 PART 3	
美國	SEJ551C SAEJ113	FCC PART 18		FCC PART 15			FCC PART 15J

表二、電子資訊代表性產品

產 品 類 別	代 表 性 產 品
廣播接收機類	收音機、電視機、CATV converter 衛星接收器、HDTV
家電產品類	一般家電及電動工具、CD PLAYER、VCR
燈具類	日光燈安定省電器、數位控制燈具
電腦與周邊設備類	個人電腦、監視器、終端機、印表機、按鍵盤、掃描器
電話通訊類	電話機、答錄機、傳真機、數據機、小型交換系統 (PABK, KTS)
無線電通訊類	無線電對講機、有線電話無線主副機、汽車行動電話、個人無線通信網路
電源裝置類	交換式電源供應器、不斷電源供應器、可程式化電源供應器
運輸工具類	汽車或捷運系統用之控制、顯示儀器
工業科學類	超音波融接機、洗淨機、微波爐、工業用控制、顯示儀表、心律監視器、調整器
醫療產品類 (ISM)	脈搏監視器

表三、目前世界有關塑膠外殼加入導電填充料之種類、價格及遮蔽效應

Fillers	Raw Materials Cost (\$/lb)	Typical Loading (%)	Additive Cost In \$/lb Of Compound	Average SE
Aluminum				
◇Fiber	3.00 - 600	30	0.90 - 1.80	50db
□Flake	2.00 - 2.87	40	0.90 - 1.15	
□Powder	1.10	30	0.33	
□Coated Glass Fiber	3.00 - 600	30	0.90 - 1.80	
Carbon				
◇Carbon Black	0.32	35	0.11	45db
□Furbace Black	0.55	30 - 40	0.17 - 0.22	
□Graphite Mat	2.40	35	0.84	
□Ketjenblack Ec	4.15	5 - 15	0.21 - 0.62	
□PAN (Graphite Fiber)	20.00	30	6.00	
Copper				
◇Powder	2.50 - 3.50	35	0.88 - 1.23	40dB
□Coated Glass Fiber	2.57	30	0.77	
Nickel Coated Graphite Fiber	26.00 - 30.00	10	2.60 - 3.60	
Stainless Steel Fiber	36.00 - 45.00	5	1.80 - 2.25	35dB

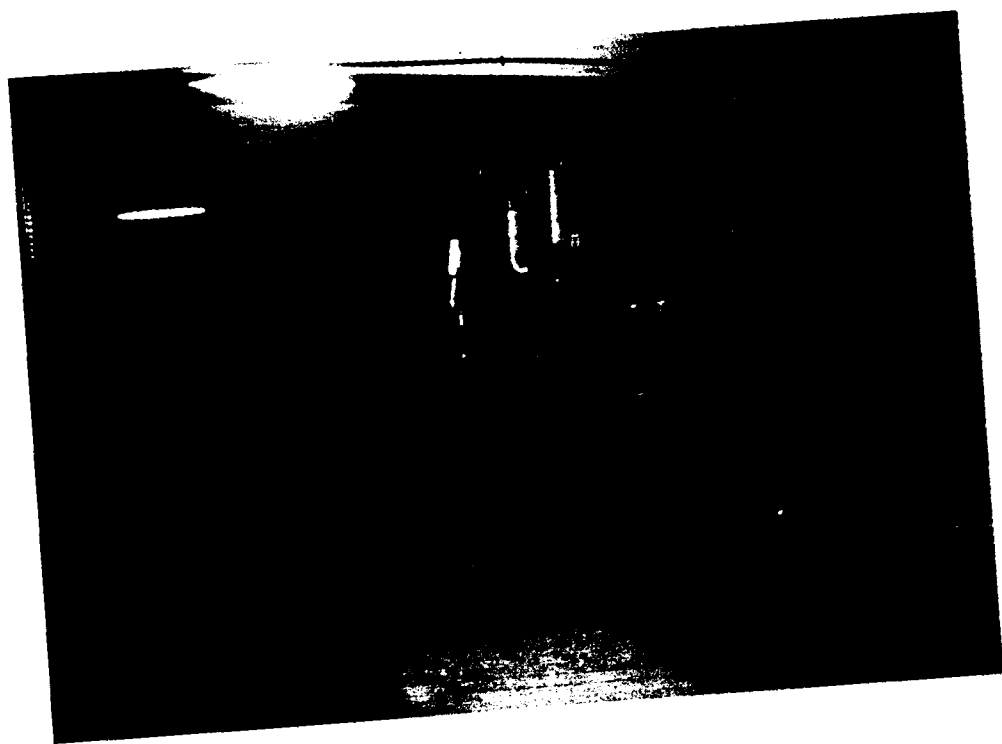


圖1 金屬化塑膠粒製程照片

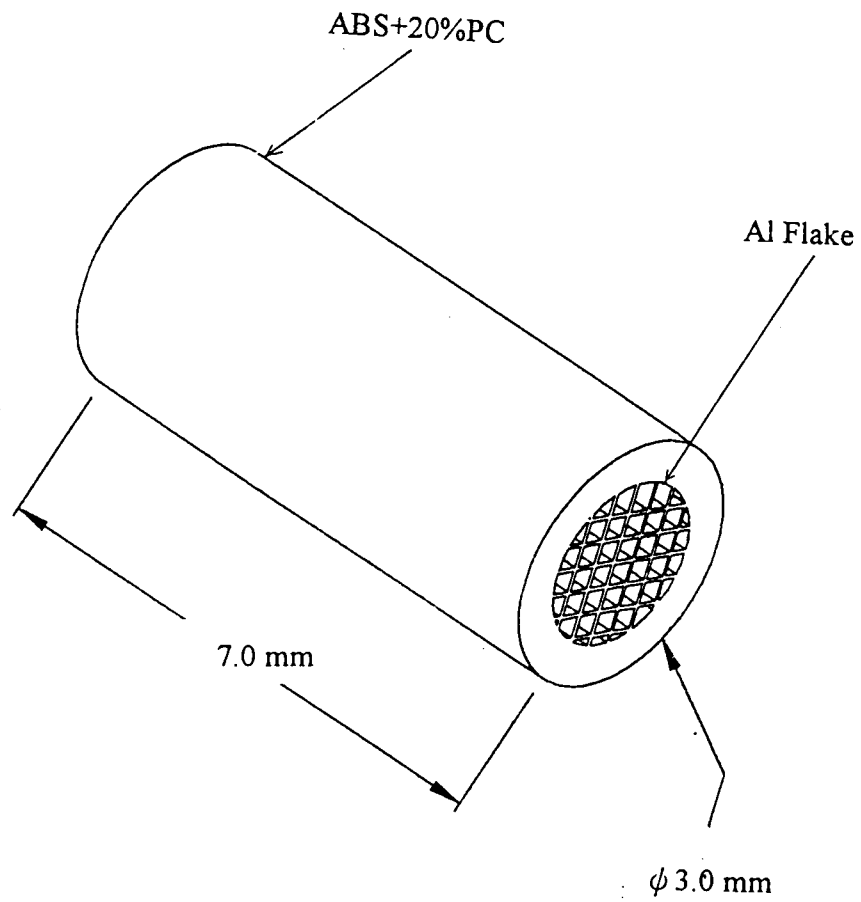


圖 2 金屬化塑膠粒示意圖



圖 3 金屬化塑膠粒照片

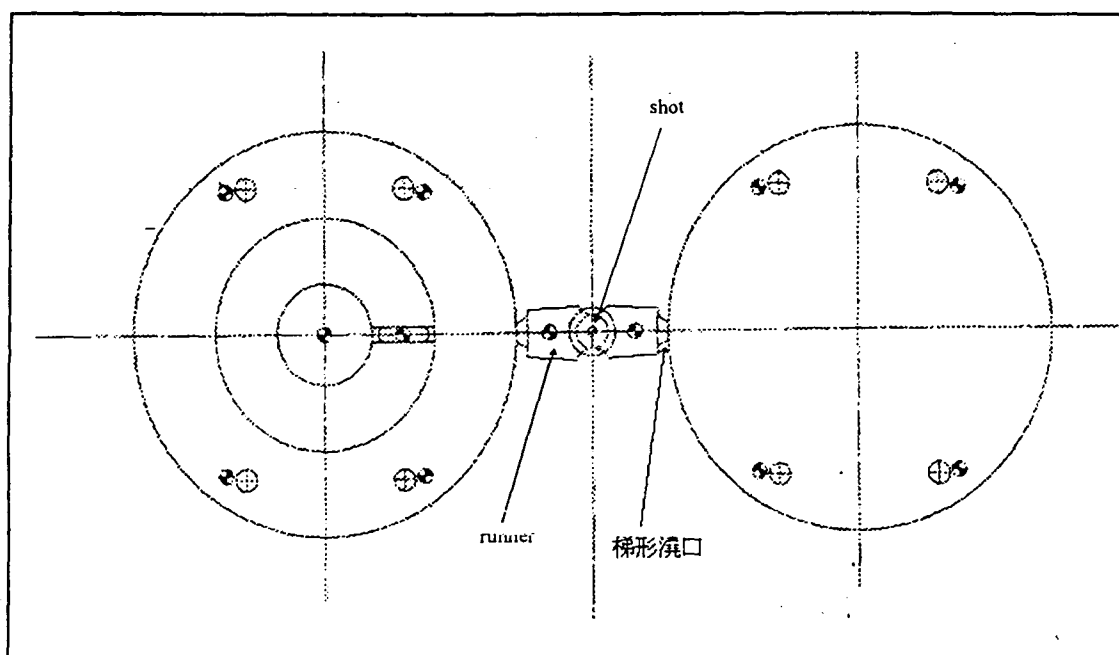


圖 4 單一扇形澆口遮蔽試片模具設計圖

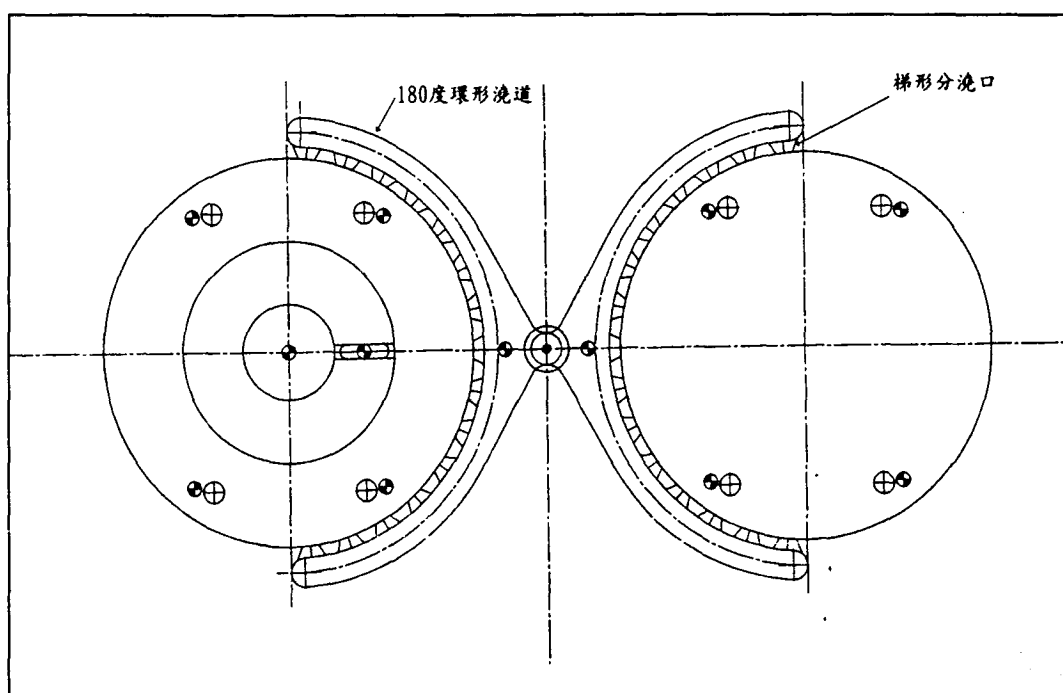


圖 5 扇形澆口遮蔽試片模具設計圖

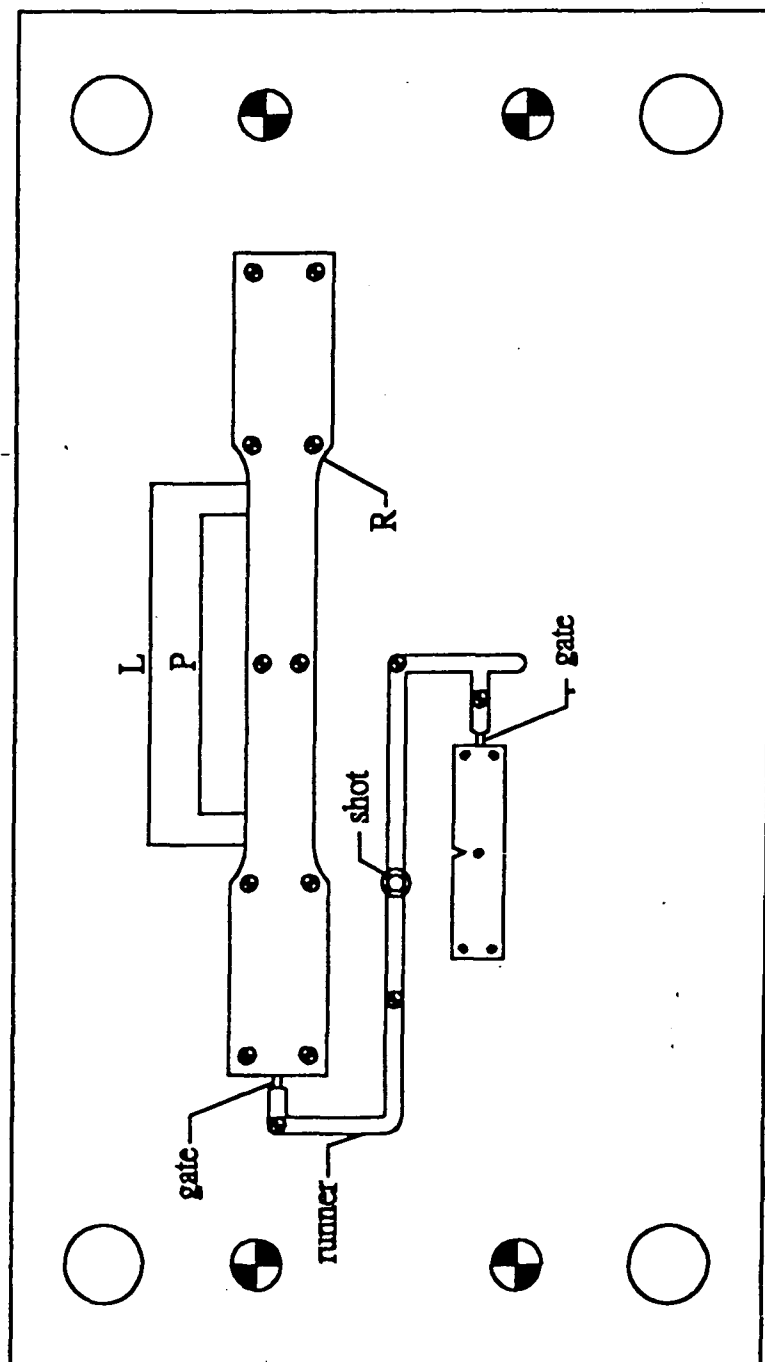


圖 6 拉伸及衝擊試片模具設計圖

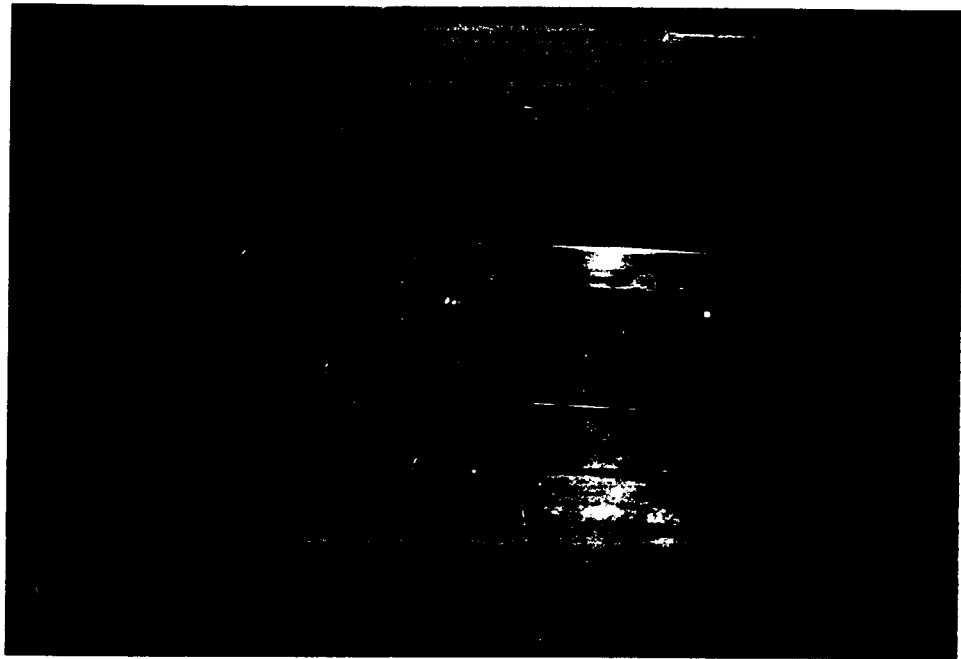


圖 7 電腦風扇蓋模具照片



圖 8 CD-ROM 檔板模具照片



圖 9 CD-ROM 前面板模具照片

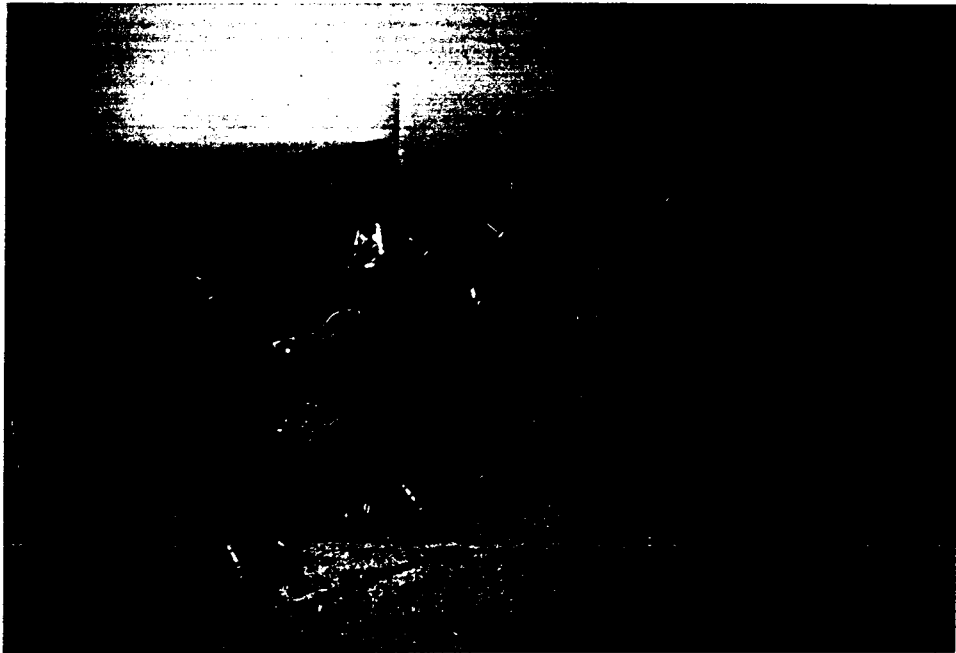


圖 10 無線電天線蓋之模具照片

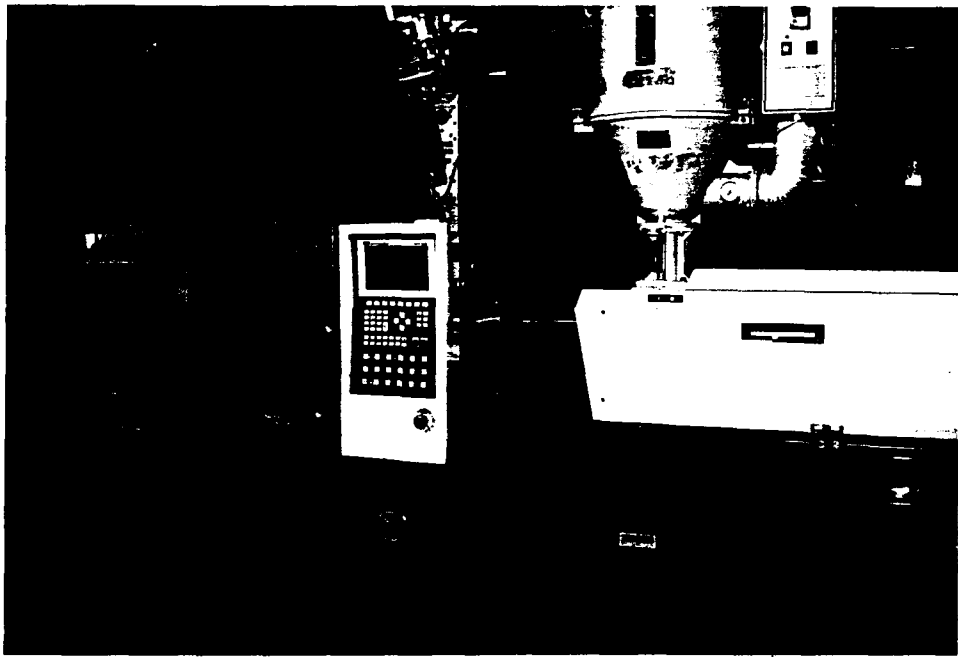


圖 11 射出成型機照片

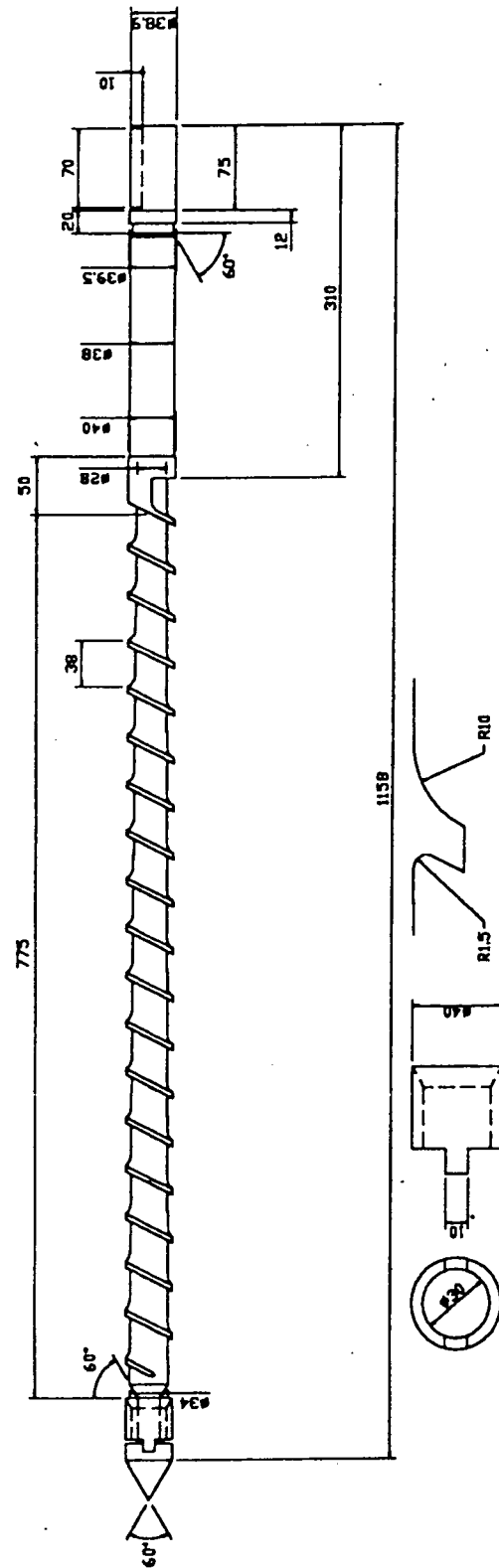


圖 12 三段式塑化螺桿設計圖

表四、遮蔽試片成型參數

	保壓 1	射出 2	射出 1
位 置(mm)	430	1190	--
壓 力(Kg/cm ²)	20	100	100
時 間(sec)	20	--	--
位 置(mm)	430	1190	--
速 度(%)	10	28	16

料管區段	Nozzle	Front	Middle	Reat
成型溫度(°C)	270	265	260	245

表五、拉伸及衝擊試片成型參數

射出設定	保壓一	射出段
壓力(kg/cm ²)	30	100
時間(sec)	20	--
螺桿轉速(rpm)	10	32
射口溫度(°C)	210、270	210、270
模具溫度(°C)	80	80
射速(m/s)	--	3.7

表六、電腦風扇蓋成型參數

	保壓 1	射出 2	射出 1
位 置(mm)	450	900	--
壓 力(Kg/cm ²)	16	100	100
時 間(sec)	15	---	--
位 置(mm)	450	900	--
速 度(%)	10	25	16

料管區段	Nozzle	Front	Middle	Reat
成型溫度(°C)	250	245	235	230

表七、CD-ROM 遮飾面板成型參數

	保壓 1	射出 2	射出 1
位 置(mm)	400	800	--
壓 力(Kg/cm ²)	18	100	100
時 間(sec)	12	--	--
位 置(mm)	400	800	--
速 度(%)	10	28	16

料管區段	Nozzle	Front	Middle	Reat
成型溫度(°C)	260	250	245	240

表八、CD-ROM 前面板成型參數

	保壓 1	射出 2	射出 1
位 置(mm)	400	800	—
壓 力(Kg/cm ²)	16	100	100
時 間(sec)	10.5	--	--
位 置(mm)	400	800	--
速 度(%)	10	24	14

料管區段	Nozzle	Front	Middle	Reat
成型溫度(°C)	258	255	248	242

表九、無線電天線蓋之成型參數

	保壓 1	射出 2	射出 1
位 置(mm)	350	600	--
壓 力(Kg/cm ²)	21	100	100
時 間(sec)	10	--	--
位 置(mm)	350	600	--
速 度(%)	10	30	18

料管區段	Nozzle	Front	Middle	Reat
成型溫度(°C)	250	245	235	230

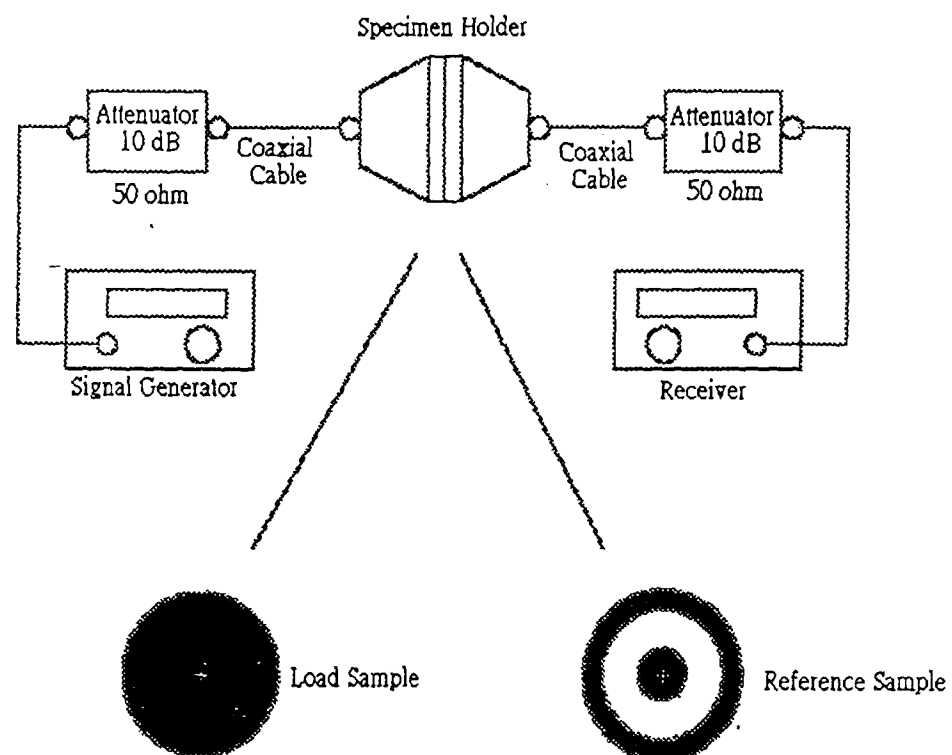


圖 13 遮蔽效應量測裝置示意圖

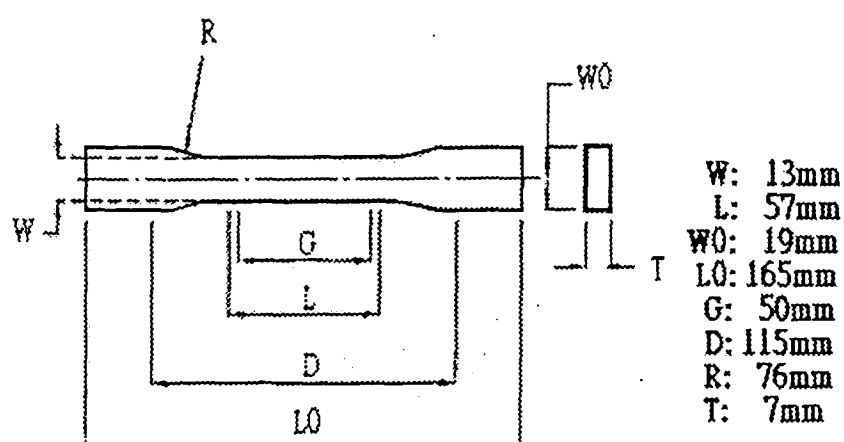


圖 14 拉伸試片規格示意圖

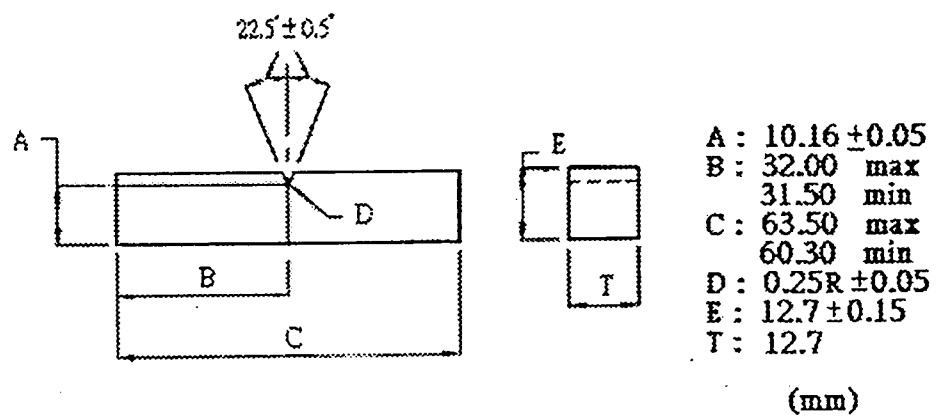


圖 15 衝擊試片規格示意圖

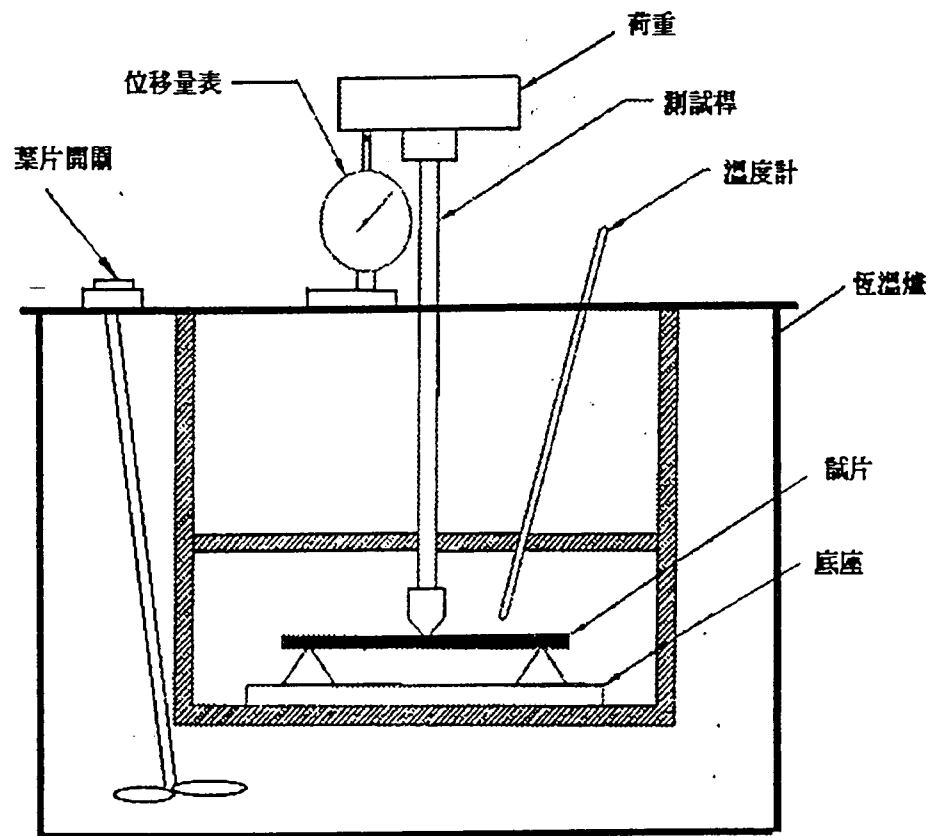


圖 16 熱變形溫度量測裝置示意圖